

УДК 533.6.072:629.432

Р.В. Воронов

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків*

## ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ ЕФЕКТІВ В ОПЕРАТОРА НА ТРЕНАЖЕРІ РУХОМОГО СКЛАДУ МЕТРОПОЛІТЕНУ

*Важливою умовою адекватності тренажера вагону метрополітену є імітація психофізіологічного сприйняття оператором процесу управління. Необхідно максимально точно відображати дані ефекти для формування правильного навичку у машиніста. У статті наведені основні фактори, які через зорове, слухове й тактильне відчуття, слід моделювати для отримання реалістичної картини процесу управління.*

**Ключові слова:** тренажер, метрополітен, адекватність, психофізіологічне сприйняття, імітація, моделювання.

Сучасний етап розвитку тренажерів у сфері транспорту покладає на них жорсткі вимоги, щодо адекватної імітації психофізіологічного сприйняття машиністом процесу управління рухомих складом, які повинні забезпечувати візуальне, звукове і чуттєве відчуття на тренажері максимально наближене до реальності. Метрополітен вимагає від працівників точності, уваги, зосередженості, виконання правильних дій при виникненні нестандартних ситуацій, високий рівень безпеки для пасажирів. Тому тренажери, навчаючи працівників метрополітену, особливо машиністів, повинні сприяти виробленню у них навичок для професійного виконання реальних завдань, зменшення небезпеки підготовки машиніста на реальному транспортному засобі.

Одним з головних елементів тренажера машиніста є максимально точне відображення психофізіологічних відчуттів процесу управління вагоном, а саме: стан повороту, розгін та гальмування вагона приводить до чуття укачування; стан страху або ейфорії; почуття постійної напруженості, тривоги; відчуття втомленості, знемоги, виснаження; больові відчуття тощо. Виконати вищесказане можливо при визначенні параметрів об'єкту у реальному часі, синтезуючи й перетворюючи їх в звукову, слухову й тактильно-кінестичну інформацію. Імітацію відчуттів процесу управління на тренажері можна відтворити за умови максимальної наближеності ситуацій, які описують окремі моделі тренажеру до реальних життєвих, встановити правильний взаємозв'язку між даними окремими моделями, вплив яких через вестибулярний апарат, слухові та зорові відчуття, формує правильні навички у оператора.

В наш час існує безліч способів моделювання психофізіологічних ефектів. Це доводять наукові праці попередників. Загальний аналіз способів моделювання ефектів на тренажері будь-якого виду транспортного засобу описується в статті Бояровой

П. А., Фомичевой М. А., Кузнецовой Б. В. "Способ моделирования психофизиологических эффектов в тренажерах транспортных средств" [1].

Ефективність навчання льотного складу на тренажерах повинна здійснюватися з урахуванням психофізіологічного стану учнів. Зміна функціонального стану учня протягом тренування пропонується відстежувати автоматично. Це допоможе викладачеві грамотно будувати заняття, не допускати перевантажень учнів і правильно планувати тренажерну підготовку. Як досліджувати зміну психофізіологічного стану учня в процесі тренування описується у статті Сікорського С. Т., Шустовій Н.А. «Облік психофізіологічного стану учня на авіаційних тренажерах» [2].

Надати повну оцінку ефективності авіаційного комплексного тренажеру можна за допомогою оцінки психофізіологічного стану його оператора як це показано у статті. Артемьева М.М., Петрухін В.О., Цибрій К.Ю. «Оцінка ефективності комплексного авіаційного тренажера». У роботі також обґрунтовано вибір і випробувана методика оцінки психофізіологічного стану оператора тренажера [3].

Аналіз обзору літератури доводить, що моделювання психофізіологічних ефектів здійснюється на тренажерах авіації, комплексних військових тренажерах, аерокосмічних тренажерах тощо. Щодо міського електричного транспорту моделювання подібних ефектів майже не відображається в наукових роботах.

Метою даної статті є аналіз можливих факторів, які відтворюють психофізіологічні відчуття у оператора при моделюванні на тренажері різноманітних режимів роботи вагону метрополітену.

Якість тренажера залежить від ступеня імітації навколишнього середовища, тобто позакабінного простору вагона метрополітену. Імітаційна модель повинна максимально наближатися до реальної

картини середовища. Даний фактор є визначальним при оцінці ефективності тренажера. Відтворення психофізіологічних відчуттів, зорової позакабінної і внутрішньокабінної ілюзії, що виникають у оператора, забезпечується за рахунок правильного копіювання навколишніх об'єктів, а саме:

1. кабіни машиніста з панелями і органами управління;
2. споруд і відповідного обладнання тунелю;
3. освітлення в тунелі (світло від спеціальних фар з підвищеним світловим потоком, встановлених на головних вагонах; світло від світильників адаптаційного освітлення; світло від джерел аварійного освітлення на стрілочних переводах, оборотних пунктах, з'єднувальних вітках;
4. освітлення станції;
5. сигнальних показників та знаків в тунелі.

Імітація даних об'єктів створює зорову реакцію у оператора, що є важливим для формування навиків.

Для правильного формування візуального навичу процесу управління вагоном необхідно враховувати особливості зорової системи людини. Зображення об'єктів тунелю, станцій, інформації на панелі керування в кабіні машиніста повинні змінюватися паралельно з імітованим рухом вагона. У зв'язку з особливістю побудови тунелю метро, машиніст може бачити тільки близько розташовані об'єкти. Виходячи з цього слід зазначити важливість формування умов бінокулярного зору людини. Необхідно забезпечити правильність утворення єдиного об'ємного зорового образу. Для цього необхідно що б імітатор візуальної обстановки повинен створювати двовимірні зображення простору для кожного ока окремо. Завдяки такому моделюванню візуальної обстановки досягається більш чітке сприйняття зорових образів, тобто підвищується гострота зору, що є невід'ємною частиною формування навичу у машиніста.

Також при моделюванні візуального простору необхідно враховувати певні параметри, які впливають на швидкість зорової реакції, частоту сприймання оком зображення, сприйняття зором оператора колірної гами, точності площі і блиск об'єктом тощо. До таких параметрів можна віднести: прискорення ( $a$ ), гальмування ( $v$ ), швидкість ( $V$ ), кути повороту кузова вагона при входженні у криву.

Рух і робота рухомого складу метрополітену не буває безшумною. Нерідко звук несе виразну потрібну інформацію про роботу основних вузлів і агрегатів вагона або про процеси, які відбуваються навколо нього. Зміна звукової картини подає сигнал, який часто свідчить про небезпеку. Тому високий рівень імітації звукового оточення є одним з головних факторів, що поліпшує ефективність

роботи тренажера. Звукове сприйняття оператора тренажеру забезпечується за рахунок імітації:

1. звуку від роботи силових і додаткових установок вагона (шум від взаємодії щіток і колектора, певний рівень звуку від підшипників, звук роботи вентилятора і компресора, перемикання в схемах двигуна);
2. звуку від роботи системи гальмування (взаємодія гальмівних колодок з колесом);
3. шуму у результаті впливу колеса на рейку, особливо на стиках при швидкості;
4. шуму повітряного потоку, при русі у тунелі;
5. звуку від роботи вентиляції рухомого складу;
6. додаткових звуків: відкриття та закриття дверей, включення і відключення органів управління на панелі в кабіні машиніста, робота рації, шум пасажирів на платформі;

Слід зазначити, що використання сучасних технологій дають більш повне уявлення про звукову обстановку при русі вагона в тунелі і на станції. Моделювання звукових ефектів можливо здійснити шляхом попереднього записування звуків роботи як внутрішніх агрегатів та вузлів вагона, так і зовнішнього обладнання вагона та тунелю, після чого їх впроваджують в програмне забезпечення тренажера.

Інтенсивність звуку залежить від швидкості руху рухомого складу ( $V$ ), прискорення ( $a$ ), гальмування ( $v$ ), кількості оборотів двигуна ( $n$ ), профілю шляху (радіус кривих  $R$ ) та якості залізничного полотна, сили опору повітря ( $F$ ), коефіцієнта тертя ( $f$ ).

Важливою умовою адекватності тренажера, є вплив на тактильне сприйняття оператором процесу управління. Досконало ці умови не повинні відрізнятися від умов, що супроводжують рух і гальмування поїзда, але неможливо передати оператору повний обсяг акселераційних відчуттів (відчуття, одержувані людиною, при зміні певних параметрів, уловлюваних вестибулярним апаратом), подібні до відчуттів в реальних ситуаціях. Моделювання психофізіологічного сприйняття у вигляді тактильного відчуття здійснюється завдяки імітації на органи управління вібрацій, що створюється тяговим (залежить від швидкості ( $V$ ), кількості оборотів двигуна ( $n$ ), кутової швидкості ( $W$ ), моменту на валу двигуна ( $M$ ) і ресорним обладнанням на вагон (реакції залізничного полотна на кузов вагону  $R$ ); впливу на органи управління прискорення і гальмування вагона ( $a$ ,  $v$ ); автентичного впливу при входженні вагона в криві, при спуску або підйомі, при переході складу на стрілочних переводах з однієї лінії на іншу (кути повороту кузова відповідно площин).

Виконання всіх цих умов імітацій призведе до створення повної картини, що впливає на сенсорне поле машиніста.

### Висновок

У моделюванні психофізіологічних ефектів важливу роль відіграють чинники і особливості, які імітуються. Слід зазначити, що чим реалістичніше імітація об'єктів, тим краще формуються відчуття у оператора. Завдяки цьому у людини змінюється емоційно-вольові якості, фізична і психологічна витривалість, пам'ять, мислення, сприйняття тощо. Зміна психофізіологічних реакцій і стану людини, яка навчається на тренажері, призводить до вироблення певних навичок та їх подальше закріплення.

### Література

1. Боярова П.А., Фомичевой М.А., Кузнецова Б.В. Способ моделирования психофизиологических эффектов в тренажерах транспортных средств [Текст] / П.А. Боярова // Информатика и управление в технических системах. Пензенская Государственная Технологическая Академия, г. Пенза – 2011. – с. 173-175.
2. Сикорский С.Т., Шустова Н.А. Учет психофизиологического состояния обучающегося на авиационных тренажерах [Текст] / С.Т. Сикорский

// Электронный научный журнал «Программные продукты, системы», Т. 2 – 2014.

3. Артемьева М.М., Петрухин В.А., Цибрий К.Ю. Оценка эффективности комплексного авиационного тренажера [Текст] / М.М. Артемьева // Компьютерная математика, Т.2 – 2012. – с. 135-147.

### References

1. Boyarova P. A., Fomicheva M. A., Kuznetsova B. V. (2011). The method of modeling physiological effects for the vehicle simulators. Scientific of Penza State Technological Academy, 173-175.
2. Sikorsky S. T., Shustova N. A. (2014). Account psycho-physiological state of the learner on aircraft simulators. "Software products, systems" electrical scientific journal.
3. Artemiev M. M., Petrukhin V. A., Zibri K. Yu. (2012). Evaluation of the effectiveness of integrated flight simulator. "Computer mathematics" journal, 135-147.

**Рецензент:** Далека В.Х., профессор, доктор технічних наук ХНУГХ ім. О.М. Бекетова.

**Автор:** ВОРОНОВ Роман Володимирович  
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова.  
E-mail: voronov.roman92@mail.ru

## ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В ОПЕРАТОРА НА ТРЕНАЖЕРЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА МЕТРОПОЛИТЕНА

Р.В. Воронов

Важным условием адекватности тренажера вагона метрополитена является имитация психофизиологического восприятия оператором процесса управления. Необходимо максимально точно отображать данные эффекты для формирования правильного навыка у машиниста. В статье приведены основные факторы, которые через зрительное, слуховое и тактильное ощущения, следует моделировать для получения реалистичной картины процесса управления.

**Ключевые слова:** тренажер, метрополитен, адекватность, психофизиологическое восприятие, имитация, моделирование.

## FEATURES OF MODELING OF PSYCHO-PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF A SUBWAY SIMULATOR OPERATOR

Voronov R

The article is headlined features of modeling of psycho-physiological effects of the operator on the underground simulator. The aim of the article is analysis of possible factors which reproduce the psycho-physiological feeling of the operator in the modeling different modes of operation of subway. The necessary condition of adequacy subway simulator is the simulation of the physiological feeling of the driving process by the operator. Therefore, it is necessary to accurately image these effects for the formation most correct skill of a driver. In the article it is described the main factors, which through visual, auditory and tactile feel, should be simulated to get a realistic picture of the driving process.

**Keywords:** simulator, underground, adequacy, psycho-physiological feel, simulation, modeling.